

ANALISIS KERUSAKAN YANG DISEBABKAN OLEH VIBRASI PADA SISTEM SUSPENSI KENDARAAN RODA EMPAT

DAMAGE ANALYSIS CAUSED BY VIBRATION AT SUSPENSION SYSTEM OF FOUR WHEELS VEHICLE

Sovian Aritonang¹, Imastuti², Putri Herdiyana Wulanuari³

Universitas Pertahanan
(sovian.aritonang@idu.ac.id & tdgcohort1@gmail.com)

Abstrak - Getaran atau vibrasi yang terjadi pada sebuah kendaraan yang sering kita gunakan akan menimbulkan ketidaknyamanan. Tidak hanya itu, getaran yang ditimbulkan secara berlebihan pada kendaraan cepat atau lambat akan menyebabkan kerusakan-kerusakan pada komponen-komponen yang terdapat pada kendaraan. Hal ini tidak berbeda jauh dengan getaran yang ditimbulkan pada suspensi yang berlebihan, tentu akan merusak sistem suspensi itu sendiri. Oleh karena hal tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa jenis-jenis kerusakan yang diakibatkan oleh vibrasi pada sistem suspensi kendaraan roda empat (mobil), supaya adanya tindak lanjut sebagai evaluasi dalam memproduksi kendaraan untuk menghasilkan kendaraan yang berkualitas serta memberikan keamanan dan kenyamanan. Dan akan sangat penting kiranya untuk mendeteksi getaran dan kerusakan yang ditimbulkan dari vibrasi (getaran), dimana selanjutnya dapat dilakukan usaha untuk meminimalisasi getaran atau vibrasi yang terjadi. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu pertama vibrasi atau getaran pada sistem suspensi akan menimbulkan kerusakan dengan kategori cacat lokal dan cacat terdistribusi. Kedua, vibrasi atau getaran akan menimbulkan kerusakan pada sistem suspensi, begitu juga sebaliknya kerusakan akan menimbulkan getaran. Serta ketiga, untuk menganalisa kerusakan akibat getaran atau vibrasi dapat dibantu oleh beberapa alat standar seperti vibration meter, vibration analyser, Shock Pulse Meter, dan osciloskop.

Kata kunci: Suspensi Kendaraan, Kendaraan Roda Empat, Vibrasi.

Abstract - Vibration that occurs in a vehicle that we use often will cause inconvenience for us. Not only that, the excessive vibration of the vehicle sooner or later will cause damage to the components contained in the vehicle. This is not much different from the vibrations generated on the excessive suspension, will certainly damage the suspension system itself. Therefore, the purpose of this study is to analyze the types of damage caused by vibrations in the vehicle suspension system (car), and also as an evaluation in vehicles production to produce quality vehicles and provide security and comfort. It is an important thing to detect the vibrations and damage caused by vibrations (vibrations), so further efforts can be made to minimize vibration that occurs. The conclusion of this research is that the first vibration in the suspension system will cause damage with local defect categories and distributed defects. Second, vibration will cause damage to the suspension system, and vice versa damage will cause vibration. Third, to analyze the damage caused by vibration can be assisted by some standard tools such as vibration meter, vibration analyzer, Shock Pulse Meter, and osciloskop.

Keywords: Vehicle suspenssion, four wheel vehicle, vibration.

¹ Program Studi Teknologi Daya Gerak, Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan

² Program Studi Teknologi Daya Gerak, Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan

³ Program Studi Teknologi Daya Gerak, Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan

Pendahuluan

Kemajuan jaman semakin hari memberikan berbagai perubahan baik secara ilmu pengetahuan maupun teknologi. Perkembangan jaman ini membuat alat transportasi menjadi kebutuhan utama dalam kehidupan sehari-hari. Kendaraan bermotor menjadi primadona oleh masyarakat secara umum. Hal ini dikarenakan masyarakat luas sudah membutuhkan kendaraan pribadi dibandingkan dengan kendaraan umum⁴. Salah satu alat transportasi yang sering dijumpai adalah mobil, hal tersebut tentu disebabkan oleh pengoperasiannya semakin memudahkan pengguna, selain itu harganya banyak yang terjangkau serta dapat melindungi penggunanya dari sinar matahari ataupun hujan.

Terlepas dari fungsi dan berbagai macam jenis dari mobil, perkembangan teknologi otomotif menjadikan kenyamanan dan keamanan sebagai faktor utama selain dari kehandalan yang ditawarkan dari mesin-mesin mobil itu sendiri. Hal tersebut tentu menjadi

motivasi bagi industri-industri untuk menghasilkan produk-produk yang lebih berkualitas. Faktor keamanan dan nyaman pada kendaraan roda empat harus terjamin baik secara langsung ataupun tidak langsung. Hal ini dikarenakan supaya pengemudi tidak mengalami gangguan yang dapat mengakibatkan kerusakan atau cidera (rasa sakit) selama mengendarai kendaraan⁵. Oleh karena itu, sistem suspensi memegang peranan penting dalam menentukan kenyamanan dan keselamatan pengemudi dalam mengendarai kendaraan. salah satu faktor yang dapat mempengaruhi ketidaknyamanan dan adanya ketidakstabilan dalam berkendara adalah terdapat getaran yang disebabkan oleh kondisi medan jalan, perubahan kecepatan, dan perubahan massa muatan yang diangkutnya.

Apabila getaran pada suspensi yang disebabkan beberapa faktor tersebut tidak adanya tindakan redaman getaran maka akan terjadi banyak kerusakan yang terjadi pada sistem

⁴ Arfiana, Fikri. 2014. *Klasifikasi Kendaraan Roda Empat Menggunakan Metode Naïve Bayes*. Tersedia di <http://ejournal.widyatama.ac.id/index.php/iftutama/article/view/25>. Diakses pada tanggal 11 Mei 2018.

⁵ Susatio & Biyanto. 2006. *Perancangan Sistem Suspensi Aktif pada Kendaraan Roda Empat Menggunakan Pengendali Jenis Robust Proporsional, Integral dan Derivatif*. Tersedia di <http://jurnalmesin.petra.ac.id/index.php/mes/article/view/16523>. Diakses pada tanggal 11 Mei 2018.

suspensi mobil itu sendiri. Selain itu juga akan berdampak pada timbulnya noise yang tinggi. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa jenis-jenis kerusakan yang diakibatkan oleh vibrasi pada sistem suspensi kendaraan roda empat (mobil), supaya adanya tindak lanjut sebagai evaluasi dalam memproduksi kendaraan untuk menghasilkan kendaraan yang berkualitas serta memberikan keamanan dan kenyamanan.

Metodologi Penelitian

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan menggunakan studi literatur, yaitu dengan mencari teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang sedang diteliti. Dapat dikatakan studi literatur merupakan cara yang dipakai dalam menghimpun data-data dan sumber yang masih memiliki hubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian. Dengan menggunakan studi literatur akan memperoleh referensi berbagai macam teori.

Metode Pengumpulan Data

Jenis pengumpulan data yang digunakan adalah data sekunder yang merupakan data pendukung yang bersumber dari

literatur atau referensi-referensi yang ada seperti jurnal, buku, dokumentasi, dan internet.

Teknik Analisis Data

Data-data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan metode kualitatif, yaitu dilakukan dengan cara mendeskripsikan fakta-fakta yang kemudian dilanjutkan dengan analisis, tidak semata-mata menguraikan, melainkan memberikan pemahaman dan penjelasan.

Pembahasan

Suspensi kendaraan

Suspensi merupakan suatu sistem pada kendaraan yang terdiri atas pegas (*spring*), damper atau peredam kejutan (*shock absorber*), dan memiliki lengan-lengan (*Upper arm & lower arm*) penghubung sistem roda dan bodi kendaraan⁶. Sistem suspensi yang umum diterapkan pada kendaraan saat ini disebut sistem suspensi konvensional (*suspensi pasif*). Pada sistem suspensi pasif, kekakuan pegas dan konstanta

⁶ Suhandoko. 2014. *Analisis Getaran Pada Sistem Suspensi Kendaraan Roda Dua (Yamaha Jupiter Z 2004) Menggunakan Simulasi Software Matlab 6.5*. Tersedia di http://eprints.ums.ac.id/30618/1/2._PUBLIKASI_ILMIAH.pdf. Diakses pada tanggal 11 Mei 2018.

redamannya bernilai konstan. Dari beberapa bagian pada sistem suspensi, terdapat bagian yang terpenting dalam meredam getaran yang berlebihan akibat kondisi medan jalan yang tidak rata yaitu bergantung padaegas dan peredaman yang digunakan pada sistem suspensi.

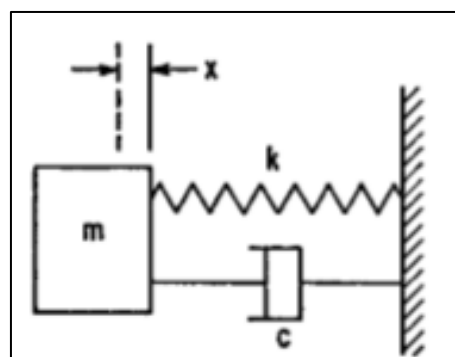
Sistem suspensi mewakili titik-titik kunci dalam sarana transportasi apa pun, jenis apa pun. Secara tradisional mereka dibentuk oleh sepasang pegas peredam.

Selama jalannya kendaraan timbul dampak kekuatan, karena ketidakberesan dasar jalan, yang tanpa adanya suspensi ditransmisi-kan ke badan kendaraan. Jika roda dan sasis ada unsur yang mampu menyimpan energi, hanya sebagian dari gaya vertikal yang ditransmisikan ke kendaraan. Sistem suspensi memungkinkan gerakan vertikal relatif antara roda dan sasis untuk mengkompensasi penyimpangan di permukaan jalan dan menyaring dan menyerap gerak dari tubuh yang ditunda. Dalam prakteknya suspensi berfungsi seperti filter sungguhan: memotong komponen berfrekuensi tinggi dan menguatkan yang ditemukan dalam pita sempit di sekitar kondisi resonansi.

Mereka melakukan sayaberurusan dengan gerakan perpindahan vertikal (heave), roll dan pitch, dan juga memiliki pengaruh pada pegangan lateral. Secara teori, suspensi ideal akan membutuhkan ekskursi yang tak terbatas yang tentu saja mustahil dan kecepatan tak terbatas, dengan mempertimbang-kan bahwa hingga kini yang aktif penuh adalah mereka yang memiliki kinerja terbaik. Pada kenyataannya suspensinya membiar-kan melewati gangguan frekuensi rendah dan menyaring gangguan yang tinggi dan oleh karena itu garis chassis mengalami aksi filter low pass.

Getaran atau vibrasi pada sistem dengan menggunakan peredaman dapat diakumulasikan dengan persamaan:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0$$



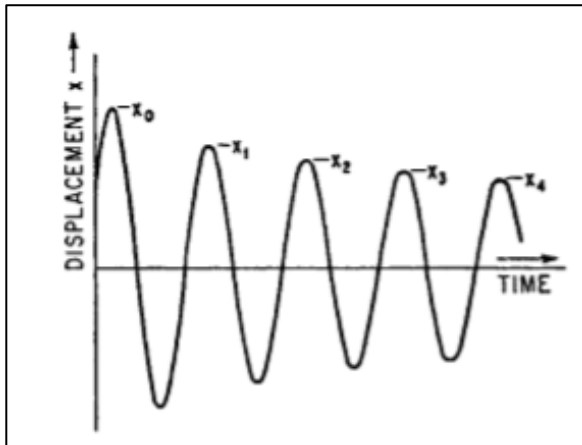
Gambar 1. Vibrasi dengan peredaman

Bentuk solusi dari persamaan ini tergantung pada apakah koefisien redaman sama dengan, lebih besar dari,

atau kurang dari koefisien redaman kritis c_c :

$$c_c = 2\sqrt{km} = 2m\omega_n$$

Dengan Rasio $\zeta = c / c_c$ didefinisikan sebagai pecahan redaman kritis. Dengan



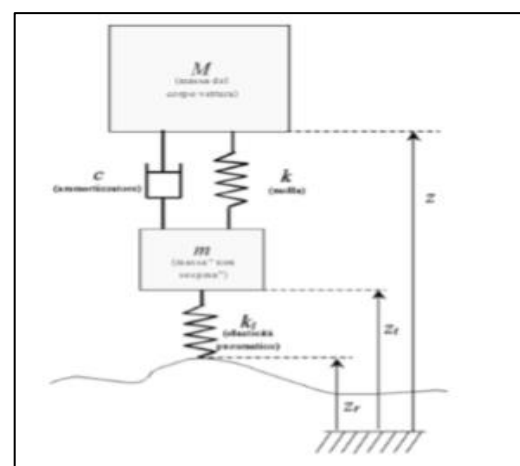
Gambar 2. Jejak getaran bebas teredam menunjukkan amplitudo perpindahan maksimum

Untuk memahami bagaimana suspensi mempengaruhi dinamika kendaraan, akan menganalisis model mobil kuartal dari berbagai jenis hingga model setengah mobil yang akan kita gunakan nanti dalam fase kontrol. Yang pertama adalah memahami bagaimana menginter-vensi untuk mengurangi percepatan vertikal (kenyamanan) dan membatasi variasi dan dinamika kekuatan kontak ban (penyerahan/ kinerja) sambil mempertahankan perjalanan maksimum suspensi. Dalam model kendaraan tengah, yang mempelajari koordinasi depan dan

belakang, diperiksa secara rinci langkah-langkah yang diperlukan untuk mengurangi gerak roll. Suspensi yang kami analisis biasanya dikomposisikan oleh pegas dan damper. Ada beberapa macam suspensi yang terdapat pada kendaraan terutama untuk roda empat⁷, yakni:

a. Quarter Car Model

Model pertama yang kita anggap sekitar seperempat dari mobil seandainya itu adalah kendaraan roda empat, atau setengah jika itu dianalisa sepeda motor. Model memprediksi massa yang ditangguhkan M (bermunculan) terhubung melalui peredam ke massa m dari roda (unsprung). Akhirnya kita memiliki lompatani yang memodelkan elastisitas ban.



Gambar 3. Quarter Car Model

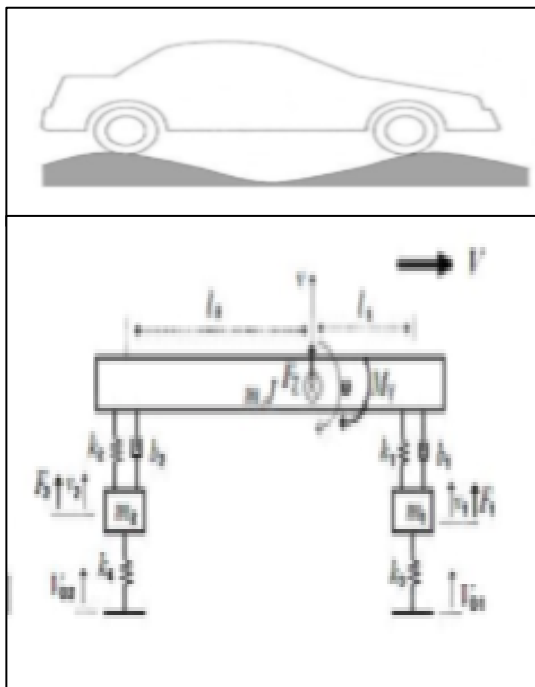
⁷ Galanti, F. 2013. *Modelling, Simulation and Control for A Skyhook Suspension*. Rusian: Engenharia De Controle A Automacao.

Dari Quarter Car Model, dapat dirumuskan gaya tang bekerja diantara roda adalah:

$$F_z(s) = \frac{k_t (sc + k)}{s^4 Mm + s^3 c(m + M) + s^2 (Mk + mk + Mk_t) + sck_t + kk_t}$$

b. Half car model

Evolusi model suspensi pada kendaraan roda empat yang sama dengan totalitas pada sepeda motor dimana memperhitungkan getaran dengan derajat kebebasan dan turunannya dengan variabel Lagrangian.

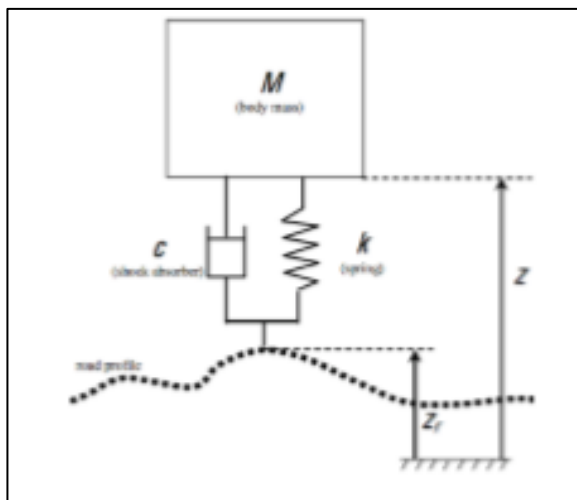


Gambar 4. Half Car Model

c. Simplified Model

Hanya analisis awal dari model setengah mobil yang mudah dilihat,

karena sistem ini masih cukup rumit menambahkan derajat kebebasan. Sebelum membuat pertimbangan tentang pola terbaru yang diperkenalkan untuk jenis studi yang ingin kita lakukan, adalah wajar untuk membuat penyederhanaan dengan memperkenalkan model yang disederhanakan. Jenis model ini berguna karena menyederhanakan semua sementara mendekati frekuensi rendah dan resonansi pertama. Untuk menyederhanakan hanya mungkin untuk mempertimbangkan massa tubuh tanpa memperhitungkan massa roda dan elastisitas relatifnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



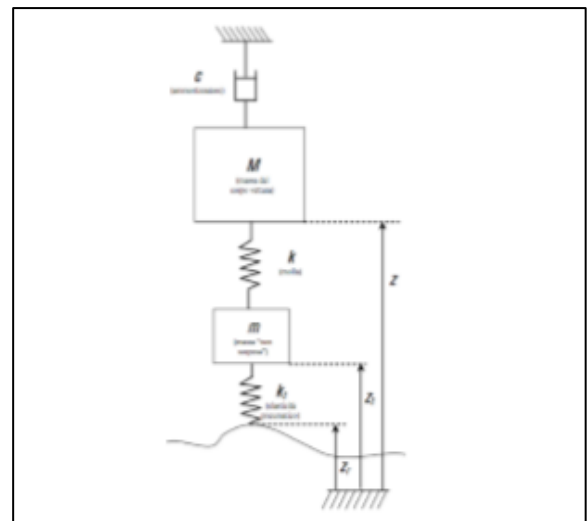
Gambar 5. *Simplified Model*

d. Skyhook Suspension

Konsep kontrol "Skyhook" termasuk kehadiran peredam ideal yang terhubung antara massa bermunculan dan referensi inersia. Kontrol aktif dari suspensi yang disebut Skyhook diperoleh dengan bekerja peredam kental linear dengan kecepatan absolut massa yang terhubung ke kecepatan relatif. Dengan cara ini massa secara konseptual "merapat" ke langit. Fenomena ini memberikan namanya pada kontrol khusus ini.

Berbeda dengan redaman konvensional, melalui teknik ini, modul fungsi transfer antara posisi roda dan massa yang tersuspensi, dengan peningkatan redaman, berkurang untuk semua frekuensi dan tidak hanya untuk yang rendah. Dengan cara ini orang-orang di dalam

mobil tidak akan terganggu oleh stres yang dihasilkan misalnya dari menavigasi jalan yang sangat bergelombang. Batas teknologi ini diberikan oleh kinerja aktuator elektromagnetik yang tidak akan pernah cukup untuk membatalkan transmisibilitas sepenuhnya. Selain itu, harus menggunakan aktuator untuk masing-masing dari empat suspensi, membuat kontrol ini terbukti cukup mahal.



Gambar 6. *Skyhook Suspension*

Vibrasi

Sistem vibrasi terdiri dari energi potensial yang tersimpan hingga mengubah energi kinetik hingga dapat melakukan pereda-man atau mengalami titik kesetimbangan kembali. Sistem vibrasi melibatkan pada alternatif transfer energi antara formula energi potensial dan energi kinetik. Dalam

sistem redaman, beberapa energi terdistribusi pada setiap siklus vibrasi dan mengubah sumber eksternal dengan teraku-mulasi pada vibrasi yang steady.vibrasi adalah mekanikal atau sistem struktural tentang kesetimbangan posisi. Vibrasi berawal ketika sebuah elemen inersia yang melakukan perpinda-han dari sebuah kesetimbangan posisi yang terjadi karena energi yang bekerja pada sistem pada saat bekerja ke lingkungan. Sistem getar mekanis terdiri dari elemen seperti pegas untuk menyimpan energi potensial, massa dan inersia untuk energi kinetik, dan peredam untuk menghamburkan energi mekanik. Proses getaran atau mengubah energi antara bentuk potensial dan kinetiknya. Dalam pengertian umum getaran adalah gerakan periodik yang berulang dalam semua rinciannya setelah selang waktu tertentu, yang disebut periode getaran. Sebagian energi harus diganti dalam setiap siklus getaran dari sumber eksternal untuk mempertahankan getaran. Getaran dari kendaraan di jalan raya sangat tertarik oleh ketidakrataan permukaan jalanbkendaraan mana yang melakukan perjalanan. Analisis dinamika kendaraan telah menjadi topik penelitian yang panas selama bertahun-tahun

untuk peran penting dalam kenyamanan berkendara, keselamatan kendaraan dan kinerja kendaraan secara keseluruhan⁸.

Pada pegas linear perubahan panjang sebanding dengan gaya yang bekerja sepanjang panjangnya, konstanta proporsionalitas disebut sebagai fleksibilitas pegas, yang merupakan kebalikan dari kekakuannya. Pegas yang ideal tidak memiliki massa, dan gaya yang bekerja pada ujung berlawanan sama dan berlawanan. Massa adalah tubuh yang kaku; jadi akselerasinya, sesuai dengan hukum gerak Newton yang kedua, sebanding dengan gaya yang bekerja pada massa. Dalam peredam gaya yang diterapkan sebanding dengan kecepatan relatif titik penghubungnya. Koefisien redaman memberikan konstanta proporsionalitas, dan merupakan parameter karakter-istik peredam. Peredam yang ideal juga tidak bermassa, sehingga gaya di salah satu ujungnya sama dan berlawanan dengan gaya di ujung yang lain. Selain gerakan translasi, sistem bergetar dapat melakukan gerakan rotasi. Unsur-unsur sistem mekanis yang melaksanakan rotasi bagian-bagian analog dengan

⁸ Gao, W, dk. 2007. *A Half-Car for Dynamic Analysis of Vehicle with Random Parameters*. Australia: Journal Australasian Congress on Applied Mechanics.

elemen-elemen yang bekerja pada sistem. Dalam sistem rotasi inersia menyimpan energi kinetik, sementara parameter kekakuan dan redaman didefinisikan dengan mengacu pada rotasi sudut dan kecepatan. Analogi antara gerakan translasi dan rotasi dari suatu benda yang bervibrasi membawa pada persamaan matematis yang menggambarkan gerak sistem; gaya yang digunakan dalam gerakan linier digantikan oleh torsi untuk gerakan rotasi. Plot perpindahan linear, atau rotasi sudut, terhadap waktu mungkin merupakan kurva yang rumit. Jenis gerakan periodik yang paling sederhana adalah gerakan harmonik, dengan perpindahan yang dinyatakan sebagai fungsi harmonik waktu t dan kecepatan sudut ω , juga disebut sebagai frekuensi melingkar, dan diukur dalam radian per detik. Nilai maksimum perpindahan, x_0 , disebut amplitudo getaran. Periode getaran, T , diukur dalam detik, adalah kebalikan dari frekuensi getaran, f , diukur dalam siklus per detik. Hubungan antara ω , f dan T adalah sebagai berikut. Siklus penuh getaran terjadi ketika ωt telah melewati 360° , atau 2π radian. Kemudian fungsi sinus melanjutkan jalur sebelumnya. Jadi, ketika $\omega t = 2\pi$, interval waktu t sama

dengan periode T , atau $T = 2\pi / \omega$ detik. Karena f adalah kebalikan dari T , $f = \omega / 2\pi$ siklus per detik. Untuk mesin reciprocating frekuensi sering dinyatakan sebagai siklus per menit, sehingga $f = 30\omega / \pi$.

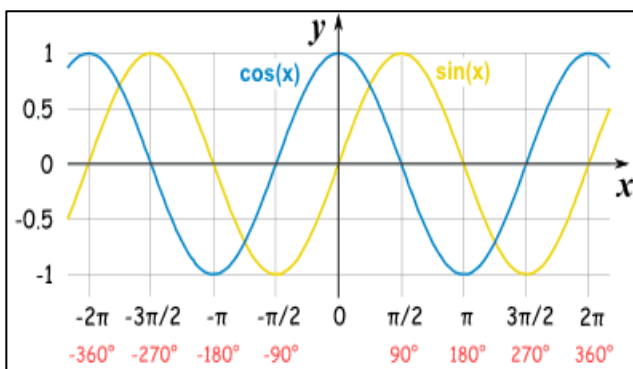
Dalam perpindahan gerak harmonik diberikan oleh $x = x_0 \sin(\omega t)$. Kecepatan ditentukan oleh diferensiasi terhadap waktu, jadi $dx / dt = x_0 \omega \cos(\omega t)$. Dengan demikian, kecepatan juga harmonik, dengan nilai maksimum $x_0 \omega$. Akselerasi diberikan oleh turunan kedua dari x terhadap waktu⁹:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -x_0 \omega^2 \sin(\omega t)$$

juga harmonik, dengan nilai maksimum $x_0 \omega^2$. Suatu sistem yang bergetar dikatakan memiliki satu derajat kebebasan jika posisi geometrisnya dapat diekspresikan pada saat itu juga hanya dengan satu angka saja. Misalnya, piston yang bergerak dalam silinder dapat ditentukan dengan memberikan jarak dari ujung silinder, sehingga mengklasifikasikannya sebagai sistem kebebasan derajat tunggal. Contoh lain adalah crankshaft dengan bantalan kaku; sistem sepenuhnya dijelaskan oleh sudut antara setiap satu engkol dan bidang

⁹ Naucner, Peter. 2005. *Modelling and Control of Vibration in Mechanical Structures*. Swedia: Uppsala Universitet.

vertikal. Secara umum, jika diperlukan n angka untuk menentukan posisi sistem mekanis, sistem memiliki derajat kebebasan n . Sistem yang bergerak di bidangnya tanpa pengekangan memiliki tiga derajat kebebasan: pemindahan x dan y pusat gravitasinya dan sudut rotasi tentang pusat gravitasinya. Sistem melingkar yang menggelinding ke bidang miring hanya memiliki satu derajat kebebasan; jika sebagian slide dan gulungan, itu memiliki dua derajat kebebasan, salah satu terjemahan dan satu bergulir.



Gambar 7. Vibrasi Pada Suatu Sistem

Mobil

Mobil merupakan kendaraan roda empat yang menjadi suatu alat transportasi darat yang sangat penting bagi kehidupan manusia modern. Pengembangan mobil hingga sekarang semakin beragam, dan ini membuat semakin bersaing. Oleh karena itu, para konsumen perlu untuk mengetahui mana mbobil yang

masuk dalam kategori memiliki keamanan dan kenyamanan¹⁰. Dalam Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor 44 Tahun 1993¹¹:

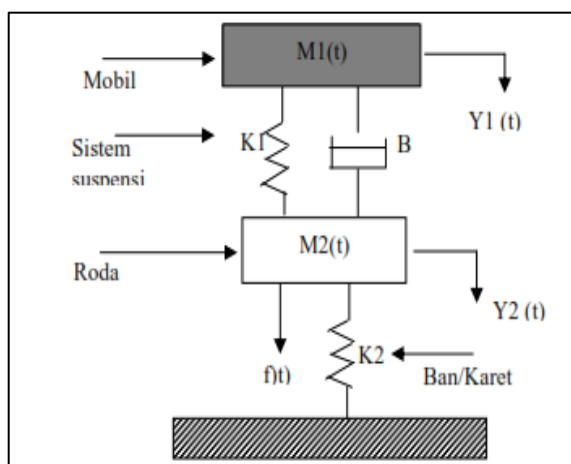
- Kendaraan Bermotor adalah setiap kendaraan yang digerakan oleh peralatan mekanik berupa mesin selain kendaraan yang berjalan di atas rel.
- Mobil penumpang adalah kendaraan bermotor beroda empat yang dilengkapi sebanyak-banyaknya 8 (delapan) tempat duduk, tidak termasuk tempat duduk pengemudi, baik dengan maupun tanpa perengkapan pengangkutan bagasi.

Mobil biasa (non-mewah) biasanya belum mempunyai sistem suspensi yang baik. Oleh karena itu viibrasi atau guncangan yang ditimbulkan lebih banyak baik secara aplitido ataupun frequensi setiap

¹⁰ Nouvel, Ahmad. 2015. *Klasifikasi Kendaraan Roda Empat Berbasis Knn*. Jurnal Bianglala Informatika Vol 3 No 2 - September 2015. Tersedia di <https://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/Bianglala/article/view/540>. Diakses pada tanggal 15 Mei 2018.

¹¹ Departemen Perhubungan. 2009. Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor 44 Tahun 1993. Tersedia di <http://hubdat.dephub.go.id/peraturan-pemerintah/82-pp-no-44-tahun-1993-ttg-kendaraan-dan-pengemudi/download>. Diakses pada tanggal 15 Mei 2018.

periodiknya. Oleh karena itu, ketika terjadi suatu guncangan, guncangan yang dihasilkan akan sangat terasa oleh penumpang kendaraan mobil tersebut. Bahkan terkadang guncangan-guncangan tersebut menyebabkan mobil menjadi terasa seperti begelombang-bergelombang, dan hal tersebut membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai kondisi stabil lagi. Contoh salah satu sistem suspensi mobil dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Sistem Suspensi pada salah satu roda mobil

Memilih suatu kendaraan yang terbaik, aman dan nyaman merupakan hal yang sangat penting dan dibutuhkan. Salah satu kendaraan yang memiliki tingkat keamanan yang memadai adalah mobil. Akan tetapi apabila getaran pada suspensi yang disebabkan beberapa faktor tersebut tidak adanya tindakan redaman getaran maka akan terjadi

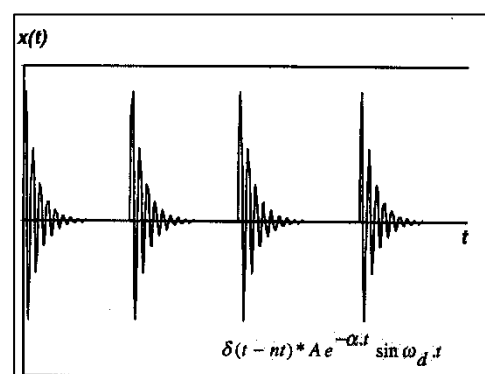
banyak kerusakan yang terjadi pada sistem suspensi mobil itu sendiri.

1. Jenis-jenis kerusakan yang terjadi pada suspensi dibagi menjadi dua kategori yaitu:

a. Cacat Lokal

Jenis cacat yang termasuk dalam kategori cacat lokal yaitu terdapatnya goresan ataupun lubang yang terjadi pada sistem suspensi pada lintasan dalam dan lintasan luar. Beberapa contoh cacat lokal:

- Getaran yang diakibatkan oleh cacat lokal pada sistem suspensi, seringkali mekanisme getaran yang dtimbulkan karena terdapat impuls pada saat elemen rotasi mengalami tumbukan dengan cacat lokal. Untuk putaran poros yang tetap maka tumbukan akan terjadi secara periodik;



Gambar 9. Sinyal Getaran Domain ketika sistem suspensi terkena cacat lokal.

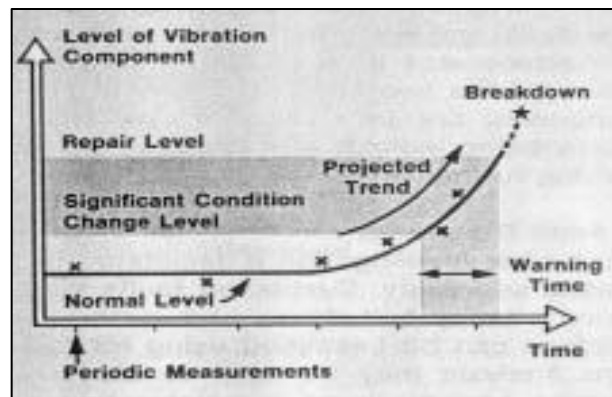
- Cacat lokal pada lintasan luar (*Outer Race*);
- Cacat Lokal pada *Rolling element*
- Cacat lokal pada *Cage*

b. Cacat Terdistribusi

Kategori cacat terdistribusi adalah pada ketidakbulatan lintasan luar dan dalam, terdapat ketidakseamaan sumbu (*Missalignment*) antara sumbu lintasan luar dan dalam, serta ketidakseamaan pada dimensinya. Hal ini dikarenakan pada bantalan yang terdapat pada suspensi memiliki getaran yang berhubungan yang apabila dibangkitkan berhubungan erat dengan kecepatan putaran pemisahannya.

2. Tingkat Kerusakan

Tingkat kerusakan pada kendaraan dapat dideteksi dengan adanya kenaikan amplitudo getaran, dimana frekuensi getaran yang ditimbulkan tetap pada posisi konstan sesuai dengan jenis kerusakan pada komponen sistem suspensi.



Gambar 10. Tren Kenaikan Amplitudo Getaran akibat kerusakan komponen.

Berdasarkan “*Machine Conditioning Monitoring*”¹², terlihat bahwa untuk mesin normal (kondisi normal) menunjukkan sebuah amplitudo getaran yang relatif konstan selama dalam keadaan kondisi yang normal. Akan tetapi saat mulai terjadi kerusakan maka pada saat itu juga akan terjadi kenaikan amplitudo getaran (*Vibration level*) yang cukup besar. Jika amplitudo getaran mencapai batas maksimal, maka yang akan masuk dalam kategori *Repair Level*, artinya mesin harus direparasi atau beberapa komponen ada yang butuh diganti.

¹² Suhardijono. 2004. *Analisis Sinyal Getaran untuk Menentukan Jenis dan Tingkat Kerusakan Bantalan Bola (Ball Bearing)*. Jurnal Teknik Mesin Vol. 6, No. 2, oktober 2004: 39 – 48. Tersedia di <http://jurnalmesin.petra.ac.id/index.php/mes/article/viewFile/16211/16203>. Diakses pada tanggal 11 Mei 2018.

3. Beberapa hal yang teknologi yang mulai dikembangkan untuk mengurangi vibrasi pada suspensi:

a. *Self Leveling Suspension*

Teknologi ini memang bukanlah barang yang baru dalam dunia otomotif, akan tetapi ini merupakan salah satu inovasi yang sangat berguna dan membantu. Hal tersebut terlihat pada saat jaman dahulu mobil yang terisi barang atau penumpang dibelakang, maka beban muatan akan menekan suspensi sehingga akan mengurangi performa atau kinerja yang dilakukan oleh kendaraan. Serta tak lupa bagian depan kendaraan akan terangkat. Sehingga kestabil-an yang dihasilkan oleh mobil berkurang dan akhirnya dapat membahayakan. Oleh karena itu *Self Leveling Suspension* sangat membantu karena pada saat mengangkat beban, suspensi akan melawan dan membuat mobil tetap berada pada kondisi stabil atau rata. Dan hal ini memang diatur sedemikian rupa oleh pengendalian pada kendaraan agar tetap optimal.

b. *Suspension camera*

Suspension camera disebut juga sebagai *Magic Body Control*. Hal ini dikarenakan *Magic Body Control* adalah suspensi yang dapat mengantisipasi bentuk medan jalan didepannya. Cara kerja yang dilakukan oleh *Suspension camera* yaitu menggunakan stereo camera yang dipasang ada bagian depan kendaraan. Kamera tersebut mampu mendeteksi permukaan jalan dan akan memberikan perintah pada pengatur suspensi untuk siaga, dan menyesuaikan kekerasannya sebelum mobil melewati jalan tersebut.

4. Pengukuran Getaran

Pada saat pengecekan kerusakan pada sistem suspensi kendaraan roda empat, maka dilakukan terlebih dahulu adalah pengukuran getaran pada sistem suspensi mobil. Dalam suatu pengukuran vibrasi atau getaran tujuannya adalah untuk mendapatkan data mengenai kerusakan yang terjadi. Dapat diartikan ini sebagai tindakan *Trouble shooting* yaitu suatu pengukuran yang dilakukan pada suatu mesin yang memiliki level getaran yang cukup tinggi, dan diperkirakan memiliki

kelainan yang terjadi pada sebuah mesin yang mengakibatkan getaran yang cukup tinggi. Jadi pengukuran vibrasi memiliki tujuan untuk menganalisa bagian mana dari sebuah sistem suspensi kendaraan roda empat yang mengalami kelaian atau kerusakan.

Pengukuran vibrasi atau getaran pada sistem suspensi dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu:

a. Pengukuran secara rutin

Kegiatan pengukuran yang dilakukan secara rutin dan periodik bertujuan untuk dapat mengetahui kerusakan yang terjadi pada suatu mesin secara dini atau dapat disebut sebagai bentuk pengukuran deteksi dini, sehingga dengan informasi tersebut kita dapat menyusun jadwal perbaikan dari suatu mesin.

b. Pengukuran secara referensi

Suatu kegiatan pengukuran yang dilakukan pada saat suatu mesin dalam kondisi baik, kesetimbangannya, kestabilannya, ataupun kelurusannya pada semua bagian-bagian komponen-komponennya, serta dapat beroperasi dalam kondisi normal. Getaran hasil pengukuran tersebut

sebagai acuan dan pembanding bagi pengukuran-pengukuran selanjutnya.

c. Pengukuran sebelum dan sesudah perbaikan

Kegiatan pengukuran yang dilakukan sebelum perbaikan sehingga dapat memberikan informasi pada kita mesin mana yang membutuhkan perbaikan dan mana yang tidak. Kemudian, pengukuran yang dilakukan setelah perbaikan sehingga dapat memberikan informasi pada kita bahwa masalah yang terjadi pada mesin tersebut telah selesai, hal tersebut sekaligus juga memberikan informasi pada kita bahwa pekerjaan perbaikan yang kita lakukan berhasil dengan baik.

Dalam pengambilan data suatu getaran atau vibrasi secara akurat maka terdapat beberapa alat yang dapat membantu mengumpulkan informasi dan data. Beberapa alat standart yang dapat digunakan dalam suatu pengukuran getaran adalah sebagai berikut:

- Vibration meter

Vibration Meter memiliki bentuk relatif kecil dan ringan sehingga mudah dibawa dan dioperasikan.

Selain itu vibration meter menggunakan battery serta dapat mengambil data getaran pada mesin secara cepat. Pada umumnya terdiri dari sebuah probe, kabel, dan meter untuk menampilkan harga getaran. Vibration meter juga dilengkapi dengan *switch selector* yang digunakan untuk memilih parameter getaran yang akan diukur. Akan tetapi vibration meter hanya dapat membaca besarnya level getaran saja tanpa memberikan informasi mengenai frekuensi dari getaran yang ditimbulkan. Pada umumnya digunakan hanya untuk memonitor “trend suatu getaran” dari sebuah mesin atau suspensi.

- *Vibration analyzer*

Alat ini memiliki kemampuan yang lebih detail dibanding vibration meter yaitu dapat mengukur amplitudo dengan berbagai skala dan frekuensi getaran yang akan dianalisa. Hal ini dikarenakan biasanya getaran yang ditimbulkan oleh sebuah mesin memiliki lebih dari satu frekuensi. Alat ini juga memberikan informasi mengenai data spektrum dari setiap getaran

yang terjadi yang terjadi yaitu data amplitudo terhadap frekuensinya (berguna untuk menganalisa kerusakan suatu mesin).

- *Shock Pulse Meter*

Alat ini merupakan alat khusus yang biasa digunakan untuk memonitoring kondisi antifriksi dari bearing (bantalan) yang terkadang sulit untuk dideteksi apabila menggunakan metode analisa getaran konvensional. Prinsip kerja dari shock pulse yaitu mengukur gelombang kejut yang terjadi akibat gaya impact pada suatu benda, intensitas gelombang kejut itulah yang dapat mengindikasikan adanya suatu kerusakan dari bantalan.

- *Osiloskop*

Alat ini merupakan peralatan pengukur getaran yang dapat memberikan informasi mengenai bentuk gelombang dari getaran suatu mesin. Beberapa kerusakan mesin dapat diidentifikasi dengan melihat bentuk gelombang getaran yang dihasilkan, sebagai contoh, kerusakan akibat *unbalance* atau *misalignment* akan menghasilkan bentuk gelombang yang spesifik, begitu juga apabila terjadi

kelonggaran mekanis (mechanical looseness), oil whirl atau kerusakan pada anti friction bearing dapat menghasilkan gelombang dengan bentuk-bentuk tertentu.

Osiloskop juga dapat memberikan informasi tambahan yaitu : untuk mengevaluasi data yang diperoleh dari transduser non-contact (proximitor). Data ini dapat memberikan informasi pada kita mengenai posisi dan getaran shaft relatif terhadap rumah bearing, ini biasanya digunakan pada mesin-mesin yang besar dan menggunakan sleeve bearing (bantalan luncur). Disamping itu dengan menggunakan dual osciloscop (yang memberikan fasilitas pembacaan vertikal maupun horizontal), dan minimal dua transduser non-contact pada posisi vertikal dan horizontal maka kita dapat menganalisa kerusakan suatu mesin ditinjau dari bentuk "orbit"-nya.

Penutup

Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan di atas maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Vibrasi atau getaran pada sistem suspensi akan menimbulkan kerusakan dengan kategori cacat lokal dan cacat terdistribusi.
- b. Vibrasi atau getaran akan menimbulkan kerusakan pada sistem suspensi, begitu juga sebaliknya kerusakan akan menimbulkan getaran.

Saran

- a. Getaran atau vibrasi yang terjadi pada sebuah kendaraan yang sering kita gunakan akan menimbulkan ketidaknyamanan. Oleh karena itu diperlukan teknologi-teknologi terbaru untuk memperoleh hasil atau produk dengan kualitas terbaik.
- b. Perlunya pengecekan secara periodik terhadap mobil atau kendaraan untuk mendeteksi kerusakan secara dini.
- c. Untuk menganalisa kerusakan akibat getaran atau vibrasi dapat dibantu oleh beberapa alat standar seperti *vibration meter*, *vibration analyzer*, *Shock Pulse Meter*, dan *osciloskop*.

Daftar Referensi

Arfiana, Fikri. 2014. *Klasifikasi Kendaraan Roda Empat Menggunakan Metode Naïve Bayes*. Tersedia di <http://ejournal.widyatama.ac.id/i>

ndex.php/ifa_utama/article/view/25.
Diakses pada tanggal 11 Mei 2018.

Susatio & Biyanto. 2006. *Perancangan Sistem Suspensi Aktif pada Kendaraan Roda Empat Menggunakan Pengendali Jenis Robust Proporsional, Integral dan Derivatif*. Tersedia di <http://jurnalmesin.petra.ac.id/index.php/mes/article/view/16523>.

Diakses pada tanggal 11 Mei 2018.

Suhandoko. 2014. *Analisis Getaran Pada Sistem Suspensi Kendaraan Roda Dua (Yamaha Jupiter Z 2004) Menggunakan Simulasi Software Matlab 6.5*. Tersedia di http://eprints.ums.ac.id/30618/1/2._PUBLIKASI_ILMIAH.pdf. Diakses pada tanggal 11 Mei 2018.

Galanti, F. 2013. *Modelling, Simulation and Control for A Skyhook Suspension*. Rusian: Engenharia De Controlo A Automacao.

Gao, W, dk. 2007. *A Half-Car for Dynamic Analysis of Vehicle with Random Parameters*. Australia: Journal Australasian Congress on Applied Mechanics.

Naucner, Peter. 2005. *Modelling and Control of Vibration in Mechanical Structures*. Swedia: Uppsala Universitet.

Nouvel, Ahmad. 2015. *Klasifikasi Kendaraan Roda Empat Berbasis Knn*. Jurnal Bianglala Informatika Vol 3 No 2 - September 2015. Tersedia di <https://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/Bianglala/article/view/540>. Diakses pada tanggal 15 Mei 2018.

Departemen Perhubungan. 2009. *Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor 44 Tahun 1993*. Tersedia di

<http://hubdat.dephub.go.id/peraturan-pemerintah/82-pp-no-44-tahun-1993-ttg-kendaraan-dan-pengemudi/download>. Diakses pada tanggal 15 Mei 2018.